Statistische Methoden beim Gefügestudium krystalliner Schiefer

Von

Dr. Walter Schmidt (Leoben)

(Mit 1 Tafel und 8 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 12. Juli 1917)

Unsere Vorstellungen von krystallinen Schiefern als anisotropen Gesteinen knüpfen sich besonders an die Erkenntnis, daß gewisse Mineralien, so besonders die der Glimmergruppe, in ihnen eine mehr oder weniger deutliche, immer jedoch ausgesprochene Parallellagerung aufweisen. So streng bei Texturstudien diese charakteristischen Mineralien Beachtung finden, so vernachlässigt werden in dieser Beziehung Mineralien, die nicht so sehr durch Habitus und Enge der Gefügeanpassung die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, sie werden meist nur dann besonders berücksichtigt, wenn sie in ihrer äußeren Form auffälliger das Gefüge beeinflußen, wenn sie wie z. B. die Lagenquarze in der Schieferung langgestreckte Umrisse zeigen

Es hat nun nicht an Vorstellungen gemangelt, daß auch die anderen Mineralien ähnlich wie der Glimmer nur in größerem oder geringerem Maße sich auch mit ihren innerlichen Eigenschaften in das allgemeine anisotrope Bild des Schiefergefüges einpassen müssen. Insbesondere für den Quarz, der die wichtigsten Kriterien zur Gefügebeurteilung krystalliner Schiefer liefert, sind schon mehrere Male Regeln aufgestellt worden, die das betreffende Gefüge beherrschen sollen.

Den schärfsten Ausdruck fanden diese Gesetze in der sogenannten Trener'schen Regel (Trener, Jahrb. d. G. R. A., 1906, p. 469) und in den Studien Sander's über diesen Punkt, deren Resultate von ihm in der sogenannten Quarzgefügeregel

zusammengefaßt wurden (Vgl. bes. Jahrb. d. G. R. A. 1915 und Tschermak's Mineral. und petr. Mitteilungen, Bd. XXXIII, p. 103).

So verdienstvoll die Arbeiten des letzteren gerade über diesen Punkt sind, so mangeln seine Studien besonders an quantitativen Angaben. Der Verfasser glaubt daher, daß seine unabhängig davon entstandenen Studien eine willkommene Ergänzung dieses Forschungszweiges bilden dürften.

Die bisher angewandten Methoden ergaben im wesentlichen Mittelwerte, beruhend auf reiner Anschauung, wobei allerdings Hilfsmittel zur Verfeinerung der Beobachtung angewandt wurden, so besonders die von Sander, (Jahrb. d. G. R. A., 1915, p. 627) angewandte Betrachtungsweise des Schliffes bei unscharfer Einstellung zur Erleichterung der Mittelbildung.

Gerade diese Mittelbildung genügt aber nur unvollkommen zur Beschreibung der Tatsachen. So kann man wohl qualitative Angaben über die Existenz eines bestimmten Maximums oder Minimums in der Orientierung erhalten, die Anordnung der Einzelfälle aber zu diesen Extremen kann nicht beschrieben werden.

Die vom Verfasser angewandten Methoden suchen nun diese Mängel zu vermeiden. Sie beruhen auf der Vermessung der Orientierung einer möglichst großen Anzahl von Individuen und auf der statistischen Auswertung der Angaben.

Die vom Verfasser untersuchten Schliffe zeigen durchwegs im ganzen Bereich homogene Textur, es wurde also vom Studium von Faltungen, so interessant diese auch nach den Forschungen Sander's sich darstellen würden, abgesehen. Um die einzelnen Messungen vergleichbar zu machen, mußte eine Verdrehung des Schliffes gegen den Tischteilkreis vermieden werden, was durch Benützung eines Kreuzschlittentisches mit Anschlaglineal erreicht wurde.

Zur Vermessung und Darstellung gelangte durchwegs α' der Quarze.[1]

[1] Der Verfasser bedauert, nachträglich diese Auswahl getroffen zu haben, es wäre instruktiver gewesen, die Untersuchungen auf die Lage von γ', also den Hauptschnitt aufzubauen, wie es Sander in den Studien des Quarzgefüges durchführt. In Zukunft soll immer letzterer Weg eingeschlagen werden.

Um ein rasches Arbeiten zu ermöglichen, wurde bei der Vermessung immer ein Gypsblättchen vom Rot der ersten Ordnung eingeschaltet gelassen. Die Feststellung der Auslöschung geschah dabei mit dem reinen Auftreten dieser Farbe. Der Vorgang wurde nun so eingehalten, daß stets die Stellung aufgesucht wurde, bei der der Schliff durch Drehung im Uhrzeigersinn aus blau durch rot in gelb überging. Dann war das α' des Schnittes // dem Vertikalfaden des Fadenkreuzes, auf den auch alle übrigen Orientierungsmessungen bezogen wurden.

Die durch diesen Vorgang erhaltenen Azimute von α' wurden nun statistisch verarbeitet, indem sie in Gruppen verteilt wurden, die für Quarz je 5° umfaßten. Die auf jede Gruppe entfallende Anzahl Quarzschnitte, der Vergleichbarkeit halber dargestellt in Prozenten der ganzen vermessenen Anzahl, liefert das betreffende Gesetz des Quarzgefüges.

Diese Zahlen lassen sich auch gut in Diagrammform darstellen; so entweder in rechtwinkligen Koordinaten, wobei die Abszissen die Azimute die Ordinaten die relativen Häufigkeiten in der betreffenden Gruppe darstellen. Diese Darstellung hat den Vorzug, daß die Fläche des Diagramms zwischen zwei beliebigen Ordinaten die gesamte auf den betreffenden Winkel entfallende Schnittezahl darstellt.

Der größeren Anschaulichkeit halber wurde aber zur Darstellung das polare Koordinatensystem gewählt, da dieses einen unmittelbaren Vergleich mit anderen Richtungen des betreffenden Schliffes ermöglicht. Besonders wertvoll kann dies dadurch werden, daß die Möglichkeit besteht, das Diagramm orientiert auf Bilder des Schliffes aufzutragen.

Bei dieser Darstellung in Polarkoordinaten wurde im Azimute der Mitte einer jeden Gruppe vom Ursprung aus die auf diese Gruppe entfallende Schnittzahl durch eine Länge dargestellt.[1] Da einer optischen Orientierung kein polarer Charakter zukommt, mußte diese Auftragung nach beiden

[1] Zu beachten ist hiebei, daß das Auftragen der Azimute im selben Winkelsinne zu erfolgen hat, wie der der Tischteilung ist, um einen Vergleich der Diagramme mit dem Schliffgefüge zu ermöglichen.

Seiten erfolgen. Dadurch erhält das Diagramm ein Symmetriezentrum und eine zweizählige Drehachse. Das Maß, in welchem diese Darstellung erfolgt, ist den Verhältnissen anzupassen: bei den gewählten Beispielen wurde 1 $^0/_0$ durch $^1/_3$ *cm* ausgedrückt.

Die aufeinanderfolgenden Streckenendpunkte wurden der Anschaulichkeit halber durch Gerade verbunden. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß der dadurch eingeschlossenen Fläche kein derartiger Darstellungswert zukommt, wie bei der Darstellung in rechtwinkligen Koordinaten; von Bedeutung sind nur die Längen der Radienvektoren.

Diese Darstellungsweise leidet an dem Mangel, daß in ihr die Maxima der Orientierungshäufigkeit ungleich mehr in die Augen fallen als die Minima.

In jedem Diagramm wurde zum Vergleich auch das Diagramm vollkommen gleichförmiger Verteilung der Orientierung, dargestellt durch einen Kreis mit $r = 2 \cdot \dot{7}\,^0/_0$, aufgetragen.

Eine derartige Methode bedarf jedenfalls einer ausgiebigen Kritik.

Wie jede andere statistische Methode beruht sie auf dem Gesetz der großen Zahlen, es muß eine ausreichende Anzahl von Einzelbeobachtungen zu Gebote stehen, um zu bewirken, daß die zufälligen Unterschiede in den Inhalten der Gruppen gegenüber den gesetzmäßigen verschwinden. Die zufälligen Unterschiede in den Zahlinhalten der Gruppen werden wahrscheinlich immer gleich bleiben; enthalten aber zwei aneinanderschließende Gruppen beide eine große Menge Individuen, so werden die zufälligen Unterschiede im Verhältnis nur einen geringen Einfluß auf das Diagramm haben. Es zeigt sich daher, daß je mehr Schnitte in einem Schliffe zur Verwendung kommen, einen desto glatteren Verlauf das Diagramm hat. Aber auch innerhalb eines Diagrammes finden wir diese Einflüsse. Zeigt ein Schliff ein ausgesprochenes Maximum in der Orientierungshäufigkeit, so wird der Diagrammverlauf in seinem Bereich ein glatter sein, im Minimum ein unruhiger. Sind die Extreme nicht ausgesprochen, so wird sich auch die zufällige Ungenauigkeit ziemlich gleichartig in allen Azimuten aussprechen.

Die angeführten Beispiele zeigen die Einflüsse der Beobachtungszahlen.

Es kann ja vorkommen, daß in einem Schliffe die betreffenden Mineralien so selten oder so groß sind, daß keine große Anzahl Individuen vermessen werden kann. Dann wird sich die Anwendung der Methode verbieten. Im allgemeinen kommt aber gerade Quarz in der Regel so häufig vor, daß es aus technischen Gründen unmöglich ist, alle Schnitte zur Vermessung heranzuziehen, es muß eine Auswahl getroffen werden. Nach den Erfahrungen des Gefertigten werden bei Anwendung von Gruppen zu 5° Zahlen von über 500 Beobachtungen für gute Diagramme benötigt, welche bei einiger Übung etwa 5 Stunden Arbeitszeit benötigen.

Bei manchen Gesteinen machte die rasche Unterscheidung der Quarze von anderen Mineralien Schwierigkeiten, besonders wenn neben Quarzen klare Albite ohne Spaltrisse auftraten.

Genügt die Anzahl der vermessenen Schnitte nicht zur Erzielung eines geschlossenen Bildes, so kann man dasselbe wohl durch Mittelwertbildung verbessern. Man kann z. B. für jede Gruppe das Mittel aus ihrer Häufigkeitsziffer und der der beiden angrenzenden Gruppen einsetzen (3 Gruppenmittel), auch analog 5 Gruppenmittel aufstellen. Man verzichtet damit auf alle Details, die sich innerhalb des Bereiches einer solchen Mittelbildung abspielen. Diese Methode kann manchmal gute Dienste leisten, wenn es sich bloß um Darstellungen handelt. Es darf aber nicht vergessen werden, daß dadurch auch der Unterschied zwischen Maximum und Minimum in um so größerem Maße ausgeglichen wird, je größer der Bereich dieser Mittelbildung ist.

Außerdem verschafft eine derartige Mittelbildung allein immer ein falsches Bild von der Genauigkeit des Verfahrens. Man wird daher als Grundsatz zu beachten haben, daß zu solchen Darstellungen immer nur im Notfalle gegriffen werden darf. Immer soll daneben auch das Originaldiagramm gegeben werden.

Die Wirkung der statistischen Behandlung beruht darauf, daß die Erscheinungen, die gesetzmäßig auftreten, gegenüber

ungeregelten Erscheinungen hervorgehoben werden. Nun soll aber nur eine Gesetzmäßigkeit dargestellt werden, nämlich die, die durch das Gefüge des Schliffes gegeben ist. Es muß daher darauf geachtet werden, daß nicht durch den Vorgang selbst noch andere Gesetzmäßigkeiten in das Material hineingeraten. Eine Fehlerquelle liegt in der Feststellung der Auslöschung im Rot der ersten Ordnung. Es sind hier zufällige Fehler und gesetzmäßige möglich. Über die zufälligen Fehler ergaben häufige Kontrollmessungen, daß auch bei raschem Arbeiten die Einstellung auf Auslöschung nie mehr als 4° falsch wurde, daß der mittlere Fehler etwa 2° betrug. Dies rechtfertigt auch die Wahl von Gruppen zu 5°.

Ein gesetzmäßiger Fehler kann aber daraus entstehen, wenn der Farbenton der Auslöschung in einem Sinn falsch angenommen wird. Nach den Erfahrungen des Verfassers kann dies besonders nach längerer Arbeit als Ermüdungserscheinung auftreten, es erfolgt daraus eine Verdrehung des Diagrammes in einer Richtung. Die Fehler dürften wohl nicht bedeutend sein, höchstens 5°, können nur dann sich unangenehm bemerkbar machen, wenn viele Schnitte annähernd normal zur Achse getroffen werden, da dann der Farbenwandel langsam erfolgt. Gegen diesen Fehler hilft besonders Vermeidung von Ermüdung, häufiges Vergleichen mit dem richtigen Rot außerhalb des Schliffes. Es würde sich vielleicht auch die Verwendung eines Gypsblättchens einer anderen Farbe mit noch rascherem Übergang empfehlen. Stauroskopische Okulare würden wohl eine genauere Bestimmung zulassen, erschweren und verlangsamen aber die Arbeit wegen der Zentrierung der Schnitte unzulässig.

Viel wichtiger sind aber andere Fehlerquellen.

Wie schon oben angedeutet, ist es meist unmöglich, alle Quarzschnitte eines Schliffes zur Vermessung heranzuziehen, es muß eine passende Auswahl getroffen werden.

Der Verfasser hat nun dabei für seine Person folgende Erfahrung gemacht. Bemüht man sich, aus einem viele Individuen umfassenden Gesichtsfelde einzelne auszuwählen, so werden in erster Linie die größeren herangezogen, dann aber auch die, welche bei der augenblicklichen Stellung des Tisches

gerade im Blau der zweiten Ordnung erscheinen, da dieses bedeutend auffälliger ist als das Gelb der ersten. Gerade dieses Moment könnte empfindliche Fehler hervorrufen. Es kann diesem Fehler ja dadurch vorgebeugt werden, daß man sich bemüht, immer den Quadranten zu wechseln, d. h. zur Auswahl dem Tisch immer eine gegen die frühere um 90° verschiedene Stellung zu geben, da dann andere Schnitte in dem Blau erscheinen. Doch ist es immer schwierig, eine genaue Vorstellung über die Wirksamkeit dieses Hilfsmittels zu erhalten.

Eine andere, bei willkürlicher Auswahl schwer zu vermeidende Fehlerquelle besteht in einer vorgefaßten Meinung. Der Verfasser hat die Erfahrung gemacht, daß in dem Falle, als man eine bestimmte Ansicht über die Existenz eines Maximums der Orientierungshäufigkeit hat, unwillkürlich solche Schnitte, die diesem entsprechen, mehr herangezogen werden. Aber auch durch diese Erkenntnis ist keine Möglichkeit, einen derartigen Fehler zu vermeiden, gegeben, da es wahrscheinlich ist, daß man dann in den entgegengesetzten Fehler verfällt.

Da diese zwei Fehlerquellen die größte Gefahr für die Anwendbarkeit dieser Methode darstellen, mußte getrachtet werden, solche psychologische Momente von der Auswahl gänzlich auszuschalten, diese vollkommen zu mechanisieren. Dies geschah bei gewöhnlichen Schliffen auf die Weise, daß mit starken Vergrößerungen gearbeitet wurde, so daß also in einem Gesichtsfelde nur wenig Individuen erschienen. Es wurde nun grundsätzlich ein jeder Schnitt in einem Gesichtsfelde vermessen und erst dann ein neues eingestellt. Diese Einstellung geschah immer mit derselben Schraube des Kreuzschlittens. So wurde ein Streifen über das Objekt geschaffen, von dem alle Quarze vermessen wurden. Die Einstellung eines anderen Streifens geschah mit dem zweiten Gang des Kreuzschlittens, wobei der Abstand der Streifen den Bedürfnissen entsprechend groß oder klein genommen werden konnte. Es empfiehlt sich immer, die Lage dieser Streifen mit dem Kreuzschlittenmaßstab festzulegen, da dies für gewisse Erscheinungen wichtig sein kann.

Ein anderer Weg, der besonders für sehr feinkörnige Gesteine zu empfehlen ist, war folgender:

Der Gefertigte verwendet für Zwecke, bei denen viele Einstellungen von Richtungen notwendig sind, statt des Fadenkreuzes ein rechtwinkliges Zählnetzmikrometer, was den Vorteil hat, daß man an jeder Stelle des Gesichtsfeldes Richtungen orientieren kann. Es wurde bei langsamer Fortbewegung des Schliffes mit einer Schraube grundsätzlich jeder Schnitt vermessen, der in ein bestimmtes Feld des Mikrometers eintrat. Auch auf diesem Wege wurden also Streifen über den ganzen Schliff geschaffen.

Natürlich können Probleme auftreten, bei welchen die Auswahl der Schnitte durch eine gewisse, aber geregelte Willkür erfolgen muß, z. B. wenn nur einzelne ausgezeichnete Lagen vermessen werden sollen.

Eine andere Fehlerquelle ist das Verwechseln von α' und γ'. Besonders beim Beginne der Untersuchungen wurde dies relativ häufig beobachtet, konnte aber durch Aufmerksamkeit ganz vermieden werden. Dieser Fehler erzeugt gerade bei Gesteinen mit einem ausgesprochenen Maximum charakteristische Bilder, da dann im Minimum ein sekundäres Maximum auftritt.

Ablesefehlern ist der Verfasser nie begegnet. Es hat sich empfehlenswert gezeigt, bei der Abrundung der Ablesungen auf einen Grad schon auf die Aufteilung in Gruppen Rücksicht zu nehmen. Daher wurde ein Azimut von z. B. 39·9° nicht als 40° notiert, sondern als 39°, da sonst die Gefahr bestanden hätte, daß es bei der Aufteilung zu Gruppe 40 bis 45° geschlagen würde.

Ein wichtiges Kriterium für die Richtigkeit der Darstellung und die Wirksamkeit der Vorsichtsmaßregeln wäre die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse, daß nämlich bei zwei verschiedenen gleichartigen Untersuchungen desselben Materiales das gleiche Resultat erzielt werden muß. Der Verfasser hat dabei im allgemeinen sehr günstige Resultate erhalten, wünschenswert wären allerdings auch Paralleluntersuchungen durch zwei verschiedene Beobachter, da dabei insbesondere auch über die psychologischen Einflüsse Aufschluß erhalten würde.

Zur Methode der Schnittauswahl sei noch folgendes hinzugefügt. Wie auch in einem folgenden Beispiel gezeigt wird, kommt es vor, daß in einzelnen Lagen eine von den übrigen ganz abweichende Gefügeregelung auftritt. Um solche Fälle beherrschen zu können, empfiehlt es sich, die zur Untersuchung gelangenden Streifen // der Schieferung auszuwählen, und diese Streifen auch statistisch getrennt zu behandeln, wobei solche Abweichungen leicht erkannt werden können. Die gebräuchliche Adjustierung der Schliffe mit der Schieferung // zu einer Kante des Objektträgers erleichtert dieses Vorgehen.

Die nachfolgenden Beispiele entstammen Dünnschliffsammlungen, die dem Verfasser von Herrn Hofrat Becke, Dr. Spitz, dem Mineralogischen Institut der Montanistischen Hochschule Leoben (Käufliche Sammlung der Firma Voigt und Hochgesang nach U. Grubenmann) Dr. Schurk freundlich überlassen wurden. Die Bezeichnung der Schliffe weist auf die Herkunft hin.

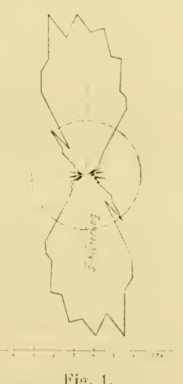


Fig. 1.

1. Becke, 132·0; 2. Weißer Quarzit, Tristenkar. Fig. 1.

Mineralbestand: Quarz, verhältnismäßig wenig Muskovit, sehr selten Albit. Kohlige Substanz.

Textur: Straffe Schieferung, sowohl hervorgebracht durch die Glimmer, die aber nur selten zusammenhängende Lagen erzeugen, meist im Gestein verstreut sind, als auch durch die Quarze, die vielfach in der Schieferungsrichtung langgestreckt sind. Diese Form ist aber verschieden von der, die Sander Bogenquarz nennt; es zeigt sich, daß nur die Quarze die langen Umrisse zeigen, die von zwei Glimmern begrenzt sind. Es ist daher die plattige Form ein Produkt der einseitig behinderten Krystalloblastese.

Die Quarze zeigen intergranuläre plastische Deformation, undulöse Auslöschung und Felderteilung normal zur Schieferung. Diese ist aber nicht genügend um die Form der Quarze zu

erklären. Plastische Deformation spricht sich auch in den etwas verbogenen Glimmern eines anderen Schliffes desselben Gesteines aus.

Der Schliff weist schon bei der Betrachtung mit dem Gypsblättchen eine ausgezeichnete Gefügeregelung auf.

Im Diagramm zeigt sich ein ausgezeichnetes Maximum im Azimute der Schieferung, eine geringe Verdrehung dagegen dürfte zu vernachlässigen sein. Das ziemlich gleichmäßige Maximum enthält in einem Bereich von 20° 38% aller Schnitte. Die anstoßenden Richtungen zeigen einen raschen Abfall der Prozentzahlen, das Minimum ist fast 0.

2. Spitz 80. Aplitischer Granit, Cucler dad jon dad Ontsch.

Mineralbestand: Quarz, Orthoklas, Plagioklas, Perthit. Sehr wenig primärer Muskovit, sekundäre Serizitschmiere um die Feldspate. Apatit.

Textur: Durch Kataklase einem Granit aufgeprägte Schieferung. Diese ist hauptsächlich durch die Quarzkörner gegeben.

Die ursprünglichen Quarze sind zum größten Teil in ein Aggregat kleiner Körner von elliptischem Schnitt zerfallen, deren Hauptachsen parallel liegen. Zwischen ihnen ist kein Mörtel gebildet. Wo größere Quarze erhalten sind, zeigen sie bandförmige Felderteilung // zur Schieferung. Deformation intragranulär.

Die Orthoklase sind stark undulös, nach Spaltrissen zerpreßt. Diese sind wieder mit Quarz ausgeheilt, der aber auch starke Kataklase zeigt. Relativ intakt sind die Plagioklase, die von Serizithäuten umzogen sind. Der primäre Glimmer stark verbogen.

Ausgezeichnete Gefügeregelung des Quarzes von ähnlichem Charakter wie beim ersten Beispiel. Doch ist das Maximum des Diagrammes gegen die Schieferung um etwa 75° verdreht. Es ist aber in diesem Falle nicht sicher, ob diese Art der Schieferung durch Quarz mit einer krystalloblastischen Glimmerschieferung zu vergleichen ist.

$h = 1 \cdot 5$, siehe später.

3. Spitz 54. Biotit-Plagioklas-Gneis. Tanter Ruinas bei Münster. Fig. 2.

Mineralbestand: Quarz, Oligoklas, zumeist stark zersetzt. Biotit, stark gebleicht und teilweise chloritisiert. Muskovit, Serizitgeflecht, Apatit.

Eine ursprüngliche Krystallisationsschieferung noch deutlich erkennbar. Flach gewellte Biotit-Muskovithäute umzogen lange Linsen von Quarz-Feldspat, in denen der Quarz idio-, der Feldspat xenoblastische Formen zeigt.

Eine spätere kataklastische Phase hat den Quarz in Stengel schräg zur Schieferung zerlegt, die selbst wieder stark undulös sind. Reichliche Sandbildung zeigt, daß die Deformation sich auch stark zwischen den Körnern abgespielt hat.

Die in der Richtung der Schieferung oft langgestreckte Form der Feldspate dürfte noch aus der früheren Phase stammen. Sie zeigen kaum innerliche Beeinflußung durch die Kataklase, sind aber randlich oft in ein Glimmergeflecht aufgelöst. Glimmer verbogen.



Fig. 2.

Das Diagramm zeigt eine bedeutend weniger strenge, aber doch ganz ausgesprochene Gefügeregelung. Das Maximum liegt in der Schieferungsebene, ist breit aber nicht hoch, das Miniumum nicht tief.

$h \backsim 0 \cdot 85$.

4. Spitz 97. Porphyrischer Muskovitgranit. Urtiola, Oberterza. Fig. 3.

Mineralbestand: Quarz, Orthoklas, Perthit, saurer Plagioklas stark getrübt, Muskovit, sekundärer Serizit, limonitisch zersetztes Erz, Apatit.

Es scheint ein porphyrischer Granit vorzuliegen, der eine krystalloblastische Phase mitgemacht hat. Dieser gehört die Ausbildung einer straffen Schieferung durch Muskovit an. Der Zerfall von Orthoklasaugen in Gruppen von Einzelkrystallen scheint dieser Zeit anzugehören. (Warmreckung niederen Grades). Aus dieser Periode stammt auch die Bildung der Plagioklase wie angedeutete Reliktschieferung (*si*) in ihnen beweist.

Eine nachträgliche intensive Kaltreckung hat dann den Quarz weitgehend beeinflußt, ihn in Lagen lang leistenförmiger

Körner ⊥ zur Schieferung zerlegt. Die Individuen sind unregelmäßig verzahnt, was bis zur Sandbildung gehen kann. Eine starke undulöse Auslöschung, deren Grenzen fast normal zur Schieferung verlaufen.

Auffallend innerlich unbeeinflußt sind die Feldspate durch diese Deformation. Doch sind einzelne Plagioklase nahezu um 90° verdreht, wie das verlagerte *si* beweist.

Die Glimmer sind verbogen.

Gute Quarzgefügeregelung. Das Diagramm zeigt zwar das Maximum in der Schieferungsebene, eine Asymmetrie ist aber unverkennbar, insbesondere fällt die Zerteilung des Maximums in einzelne Lappen auf.

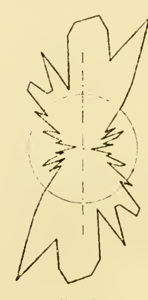


Fig. 3.

Es ist möglich, zur Erklärung dieses Verhaltens anzunehmen, daß das Ursprungsgestein einzelne große, verschieden orientierte Quarze enthalten hat, daß die Abkömmlinge jedes dieser Individuen eine Gruppe mit besonderer Orientierung darstellen. In einem solchen Falle wäre es empfehlenswert, ein jedes derartiges Aggregat für sich zu behandeln. h beiläufig 1·2.

5. Becke, 398. Biotitschiefer, Ochsnerkarschneid.

Mineralbestand: Quarz, wenig Oligoklas, Biotit, wenig Muskovit, Granat, Staurolith, Disthen, ferner ein glimmerähnliches Mineral von fast gerader Auslöschung, geringer Doppelbrechung (0·01), Brechungsexponenten wie γ-Biotit. In verwandten Schliffen von der Schwarzensteinalpe zeigt es in Zwillingen deutlich eine schwach schiefe Auslöschung. Dort konnte auch bestimmt werden, daß es optisch zweiachsig mit kleinem Achsenwinkel bis optisch einachsig positiv ist. Seine Farbe ist ein ganz schwaches Grün (Chloritoidgruppe?). Ferner reichlich kohlige Substanz, Erz.

Gefüge gegeben durch ein Grundgewebe mit schöner, nur wenig gewellter Krystallisationsschieferung, insbesondere dargestellt durch groß entwickelte Biotitlagen, neben denen aber auch Querbiotite auftreten. In einzelnen Lagen werden

die Biotite durch das erwähnte Mineral verdrängt, wie noch zahlreiche Biotitreste verkünden. Diese Verdrängung erfolgt gleichachsig.

Zwischen diesen Biotiten lagen Schichten aus kleinen Quarzkörnern, die selbst durch kleine Biotit- und Muskovitblätter geschiefert sein können. Die in der Schieferung längliche Form der Quarze, die keinerlei undulöse Auslöschung zeigen, weist darauf hin, daß eine mechanische Deformation durch Krystalloblastese überdauert war.

Schichtweise eingelagerte kohlige Substanz, die sowohl in die Quarze wie in die Biotite aufgenommen ist, weist darauf hin, daß die Schieferung im wesentlichen einer Primärschichtung folgt.

In dieses Grundgewebe sind Porphyroblasten von Granat, Disthen, Staurolith eingelagert. Erstere haben Schieferungsrelikte, in Quarz ausgedrückt in sich aufgenommen. Die Verdrehung derselben gegen die äußere Schieferung deutet auf eine stattgefundene starke Scherdeformation.

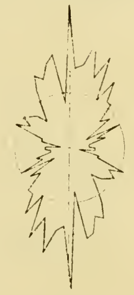


Fig. 4.

Gefügeregelung aus der reinen Anschauung nicht besonders auffallend. Im Diagramm dagegen sehr ausgesprochen, aber nicht von hohem Grade. Das Maximum liegt in der Schieferungsebene.

$h = 0 \cdot 9$.

6. Grubenmann, 81. Kalkglimmerschiefer, Val Canaria, Tessin.

Mineralbestand: Calcit, Quarz, Muskovit, spärlich Zoisit in langen Stengeln in einer Glimmerlage.

Gefüge gegeben durch schöne Krystallisationsschieferung.

Der Muskovit bildet zusammenhängende Häute, die Calcit-Quarzlagen einschließen. In letzteren bildet Calcit oft in der Schieferung sehr langgestreckte Körner, die keine mechanische Deformation und nur spärlich Zwillingslamellen erkennen lassen. Der Quarz bildet zum Teil linsenförmige Kornaggregate (Sedimentäres Relikt?), sonst aber tropfenförmige Einschlüsse im Calcit. Er ist in der Regel isometrisch entwickelt, mit

glatten Korngrenzen gegen Calcit. Gegen diesen erweist er sich idioblastisch stärker.

Von diesem Schliffe wurde nicht bloß das Quarzgefüge, sondern auch das Calcitgefüge statistisch aufgenommen. Fig. 5, 6, 7.

Das Quarzgefüge zeigte dadurch eine Eigenheit, daß eine schmal begrenzte Schicht, die weiter nichts Auffälliges zeigt, ein durchwegs anderes Gefüge aufweist. Diese wurde daher einzeln behandelt.

Der übrige Schliff zeigt schöne, aber nicht intensive Gefügeregelung, an der auffällig ist, daß das Maximum einen ziemlich bedeutenden Winkel mit der Schieferung bildet (65°). Auffällig ist ferner, daß das Minimum nicht normal darauf

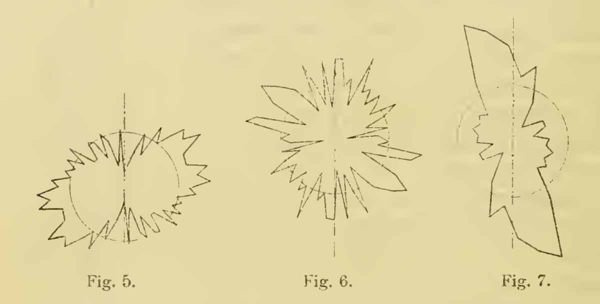


Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7.

steht, sondern ziemlich genau in der Schieferungsrichtung liegt. $h = 0 \cdot 8$.

Die abweichende Schicht 4 zeigt ein Diagramm mit sehr schwach ausgeprägtem Maximum und Minimum, die aufeinander senkrecht stehen. Das Maximum liegt in der Schieferung, aber etwas dagegen verdreht. Weitere Schlüsse verbietet die unruhige Form des Diagrammes, das aus zu wenig Beobachtungen gebildet ist.

Im Calcitdiagramm kam das γ des Calcites zur Darstellung, zur Wahrung der krystallographischen Analogie mit α-Quarz. Zur Aufnahme war die bei Quarz angewandte Methode nicht durchführbar. Die optische Orientierung wurde daher mit dem Achsenbild, wo dies nicht sichtbar war durch

den dann unverkennbaren Unterschied der Brechungskoeffizienten bei // Nikols bestimmt. Da nicht viel Schnitte vermessen werden konnten, wurde das Diagramm nach Gruppen von 10° konstruiert, die Einheit für 1% aber halb so groß genommen, um die Diagrammgröße mit der der Quarze vergleichbar zu machen.

Das Calcitdiagramm zeigt nun eine sehr ausgesprochene aber ungewohnte Regelung. Das Maximum liegt beiläufig in der Schieferungsebene, ist aber dagegen verdreht. Die Größe der Verdrehung etwa 15 bis 20°. Auffällig ist ferner die asymmetrische Form des Diagrammes.

Vergleicht man alle diese Diagramme gegeneinander, so bekommt man ein interessantes Bild. Nimmt man nämlich an, daß für die Reihen 1, 2, 3, 5 die Gleichgewichtslage für *a* normal zur Schieferung lag, für die Reihe 4 und den Calcit in der Schieferung, so weisen alle 3 Diagramme gegen diese Gleichgewichtslage eine Verdrehung fast gleicher Größe und gleichen Sinnes auf.

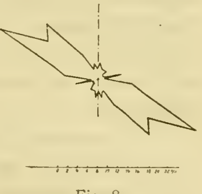


Fig. 8.

Das letzte Beispiel zeigt, daß die Methode auch auf andere Mineralien krystalliner Schiefer nutzbringend angewendet werden kann. Ein Studiengebiet, welches in dieser Beziehung vielversprechend ist, ist das der Querbiotite, aus welchem das folgende Beispiel stammt.

7. Grubenmann, 24. Granatglimmerschiefer, St. Gotthard, Fig. 9.

Mineralbestand: Muskovit, Biotit, Epidot, Granat, Chlorit, Turmalin, Erz.

Gefüge: Streng krystallisationsschiefriger Grund, zum größten Teile aus Muskovit in kleinen Blättern bestehend. An der Schieferung nehmen ferner noch teil: langgestreckte Erzkörner, Epidot, Turmalin, Chlorit, wenige kleine Biotite. In dieser Grundmasse eingelagert sind eine Unmenge kleiner Granaten mit scharfer krystallographischer Ausbildung, die in Schichten // der Schieferung sich anhäufen. Eingelagert sind ferner große Porphyroblasten von Biotit, die sämtlich Quer-

lagen einnehmen. Wie das vorhandene *si*, ausgedrückt durch Erz, Epidot, Muskovit, Chlorit beweist, ist die Entstehung der Querbiotite jünger als die Schieferung. (In einzelnen Lagen kommen auch quergestellte Muskovite vor, die aber nicht die massige Form der Querbiotite zeigen.)

Zur Vermessung kam die Lage der Biotitspaltflächen.

Das Diagramm wurde nach Gruppen zu 10° konstruiert. Wegen der extremen Form wurde es in viermal so kleinem Maßstab dargestellt wie die übrigen. Man sieht nun daraus, daß es auch für die Querbiotite eine, in diesem Falle außerordentlich bevorzugte Orientierung gibt; sie bilden eine zweite Schieferung schräg zur Hauptschieferung. Und diese zweite Schieferung ist jünger als die Hauptschieferung. Diese Erscheinung hat der Verfasser auch an anderen Beispielen allerdings nicht immer in diesem Grade erkennen können. Die Parallellagerung ist nur meistens schwer zu erkennen, da die einzelnen Individuen so weit auseinanderliegen, daß eine Übersicht nicht zu erreichen ist. Dies bildet den Vorteil dieser Methode in diesem Forschungsgebiete.

Zu unserem Diagramme ist aber noch zu bemerken, daß der Schliff wohl auf der Hauptschieferung, nicht aber auf der Querschieferung senkrecht steht, daß daher der wahre Winkel beider Ebenen in dem Falle bedeutend größer ist, als er in dem Diagramme zur Darstellung kommt.

Was nun die Ergebnisse dieser, sowie auch noch anderer derartiger Untersuchungen für Quarz, nebenbei gilt dies wohl auch für andere Mineralien, anbelangt, so kann man sagen, daß es keinen krystallinen Schiefer gibt, in dem nicht eine Regelung des krystallographischen Gefüges erkennbar wäre. Nur können, was in einer folgenden Arbeit zur Darstellung kommen soll, die Verhältnisse durch das Auftreten mehrerer Maxima kompliziert werden. Weitaus in den meisten Fällen trifft aber der in den gegebenen Beispielen gelieferte Typus zu.

Uns interessiert an diesen Diagrammen erstens ihre Form, zweitens ihre Lage gegen andere Texturrichtungen des Gesteines.

Ihre Gestalt ist in vielen und gerade den schönsten Fällen beherrscht durch zwei aufeinander senkrecht stehende Symmetrieebenen. Es ist daher zu den durch die Natur des

Diagrammes vorhandenen Symmetrieelementen, Zentrum und zweizählige Drehachse noch ein drittes dazugetreten, eine bilaterale Symmetrie. Die Umrisse der Diagramme zeigen wohl starke Unterschiede, wenn man z. B. das des Quarzites des Tristenkares mit dem des Kalkphyllites von Val Canaria vergleicht.

Diese Unterschiede sind aber hauptsächlich durch die Darstellung in Polarkoordinaten erzeugt. Bei Darstellung in rechtwinkligen Koordinaten zeigen sich aber derart übereinstimmende Züge, daß es recht gut einzusehen ist, daß alle diese Formen durch ein einheitliches Gesetz beherrscht werden, in dem nur verschiedene Konstanten von Fall zu Fall verschieden sind. Dies verlockt zum Versuch, die mathematische Form dieses Gesetzes abzuleiten. Maßgebend für diese Form ist erstens die Symmetrie der Orientierung und dann die Periodizität derselben, da immer nach 180° dieselben Häufigkeiten auftreten.

Für die Ableitung wurde nun zur Voraussetzung genommen, daß in einem Gestein mit im wesentlichen ungeregeltem Quarzgefüge durch irgendeinen Einfluß eine Richtung derart ausgezeichnet wurde, daß sie ein Optimum für die Quarzorientierung darstellte. Die einzelnen Individuen werden sich diesem Optimum annähern, aber bei dieser Annäherung auf Widerstände stoßen, Reibungen, Einfluß benachbarter Krystalle u. dgl. Diese Störungen können in erster Annäherung gleich gut positiv wie negativ sein. Es hängt die Annäherung, die ein Krystall erreicht, im wesentlichen davon ab, wie sich bei ihm gerade die betreffenden »Elementarstörungen« kombiniert haben.

Die Häufigkeit des Auftretens von Orientierungen in einem gewissen Winkelabstand vom Optimum ist ident mit der Wahrscheinlichkeit einer Kombination von Elementarstörungen von dem betreffenden Winkelwerte. Dies ergibt auch die Erklärung von der größten Häufigkeit im Optimum, respektive die Berechtigung, das Azimut der größten Häufigkeit als das Optimum zu bezeichnen. Denn bei Kombination einer gewissen Anzahl positiver und negativer Elementareinflüsse ist die Wahrscheinlichkeit, daß diese sich aufheben, die größte.

Durch diese Überlegung gewinnt das Problem eine außerordentliche Ähnlichkeit mit dem eines anderen Wissensgebietes, nämlich mit dem der Fehlerverteilung.

Bei der Messung einer Größe handelt es sich auch um die Annäherung der Grenze des Maßes an die Grenze der zu messenden Größe. Auch hier wird die Annäherung durch verschiedene in einem oder in anderem Sinne wirkende Einflüsse gestört. Bei wiederholten Messungen differieren also die Maße voneinander, sie weisen von dem wahren Werte respektive dem dafür eingesetzten Mittelwerte Abweichungen, »Fehler« auf.

Für die messenden Wissenschaften ist es nun von hoher Bedeutung, die Wahrscheinlichkeit zu kennen, bei einer Messung einen Fehler von einer gewissen Größe zu machen.

Gauß hat hiefür eine Funktion, das Fehlerverteilungsgesetz, aufgestellt, welches die Form hat:

Die Wahrscheinlichkeit, einen Fehler zwischen den Grenzen x und x_1 zu begehen, wird gegeben durch die Formel

$$w = \frac{h}{\sqrt{\pi}} \int_{x}^{x_1} e^{-h^2 x^2}\, dx.$$

Konstruiert man die Kurve:

$$y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2},$$

so gibt die Fläche zwischen den Ordinaten von x und x_1 und der Grundlinie die Wahrscheinlichkeit an, daß ein Fehler, dessen Größe von den erwähnten Grenzen eingeschlossen wird, gemacht wird. Diese Formel, auf Grund einfacher Annahmen deduktiv abgeleitet, befriedigt die Anforderungen, welche die Praxis an sie stellt, vollkommen.

In der Formel tritt der Koeffizient h auf. Er hat den Einfluß, daß bei großem h das Maximum der Kurve um den Mittelwert herum hoch ist, aber sehr rasch zu kleinen Werten abfällt. Und umgekehrt. Es ist also h eine Größe, die die Annäherung der Messungen an den wahren Wert klassifiziert, ein Maß für die Genauigkeit.

Wegen der Ähnlichkeit beider Probleme wurde diese Formel zum Aufbaue einer solchen für die Orientierung der Mineralien herangezogen.

Ein grundlegender Unterschied herrscht aber zwischen beiden Problemen:

Das Optimum, dem Messungen sich zu nähern haben, der wahre Wert existiert in der Zahlenreihe nur einmal, das Fehlerverteilungsgesetz hat daher nur ein einziges Maximum um diesen Wert herum, es ist aperiodisch.

Das Optimum, dem Mineralorientierungen sich nähern, tritt nach je 180° identisch wieder auf, es ist periodisch.

Es gelang nun nicht, die Funktion gänzlich für diesen Fall umzubauen, sondern es mußte zu einer Aushilfe gegriffen werden. Diese bestand darin, daß angenommen wurde, daß nicht dasselbe Optimum nach je 180° auftrete, sondern ein neues aber genau gleiches. Jedes derselben könne als isoliertes betrachtet werden und habe seine eigene Wahrscheinlichkeitskurve. Die einzelnen Kurven überlagern nun einander.

Die Wahrscheinlichkeit, daß eine Orientierung in einem bestimmten Azimute auftritt, ergibt sich als Summe der für alle Optima für den Punkt bestehenden Wahrscheinlichkeiten, wird daher dargestellt durch die Summe aller Ordinaten der verschiedenen Wahrscheinlichkeitskurven. Demnach ergibt sich die Formel:

$$y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} e^{-h^2\pi^2(n+x)^2},$$ [1]

wobei das Azimut in Bruchteilen von 180 ausgedrückt ist. n bedeutet dabei dabei alle ganzen Zahlen $-\infty$ bis $+\infty$

[1] Nach einer freundlichen Mitteilung Hofrat Wirtingers ist diese Reihe in der Theorie der elliptischen Funktionen wohlbekannt und kann auch in der Weierstraß'schen Bezeichnung dargestellt werden durch

$$y = \frac{1}{\pi} \vartheta_3 \left(x_1 \frac{i}{h^2\pi} \right) = \frac{1}{\pi} \sum_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{n^2}{h^2}} \cos 2n\pi x,$$

wodurch die Berechnung für kleine Werte von h vereinfacht wird, da die ersten Glieder dann bereits eine genügende Annäherung liefern.

Siehe: H. A. Schwarz-Weierstraß, Formeln und Lehrsätze zum Gebrauche der elliptischen Funktionen. Göttingen, 1885, p. 46.

Meist ist aber der Wert von $e^{-h^2\pi^2(1+x)^2}$ schon so klein gegenüber $e^{-h^2\pi^2 x^2}$, daß es selten notwendig ist, zu höheren Werten als $n = 2$ zu greifen.

Diese Funktion wurde für verschiedene Werte von h punktweise errechnet, die verschiedenen y in Prozenten der Summe der innerhalb 180° auftretenden y umgerechnet und dann in derselben Weise und mit demselben Maßstab wie die Quarzdiagramme aufgetragen. Fig. 9 bis 19.

Diese Formel ergab eine ganze Reihe von Diagrammen, welche sich gesetzmäßig verändern, von langen schmalen mit einem Minimum fast gleich 0 bis zu solchen mit flachem breitem Maximum und ebensolchem Minimum, die sich der Kreisform nähern.

Es zeigt sich nun, daß für jedes gefundene Quarzdiagramm von symmetrischem Bau ein derartiges deduktives Diagramm gefunden werden kann. Die weitgehende Übereinstimmung der Formen spricht dafür, daß die Ableitung der theoretischen Diagramme im wesentlichen richtig ist, dies ist umso wichtiger, als immerhin an den gemachten Voraussetzungen Zweifel möglich sind.

Der Faktor, von dem die verschiedenen Formen der theoretischen Diagramme abhängen, ist das h.

Über die physikalische Bedeutung dieses Faktors gibt wieder die Analogie mit dem Fehlerverteilungsgesetz Auskunft Dort ist er ein Maß der Genauigkeit, mit dem sich die Messungen dem wahren Werte nähern.

Hier kann man nun behaupten, daß h ein Maß dafür ist, wie leicht es den Quarzen gemacht wurde, sich dem Optimum zu nähern, es ist ein Maß für die Mobilisation der Quarze, wobei unter Mobilisation eine Funktion aus Anreiz zur Umorientierung und Widerstand dagegen zu verstehen ist. Und in der Möglichkeit, diesen Faktor h für jedes Gestein leicht bestimmen zu können, erblickt der Verfasser den Hauptgewinn der deduktiven Untersuchung.

Es wurden zu diesem Zwecke die theoretischen Diagramme auf Pauspapier gezeichnet. Liegt nun ein praktisches Diagramm vor, so ist es leicht, durch Auflegen der Pause zu bestimmen, zwischen welche 2 Größen von h unser Fall einzureihen ist.

Nur darf man nicht meinen, daß das *h* ein lineares Maß der Mobilisierung ist, daß bei *h* gleich 2 diese doppelt so groß ist wie bei *h* gleich 1, es heißt nur, daß jene größer ist als diese und auch größer als bei *h* gleich 1·9.

So wurde bei den gebrachten Beispielen immer auch das *h* angegeben. Die Werte bewegen sich zwischen 1·6 und 0·6. Bemerkt sei. daß bei *h* größer als 1·3 die Gefügeregelung schon durch Betrachtung erkennbar ist.

Voller Probleme, deren Lösung wegen der zu geringen Erfahrung noch nicht möglich war, ist der Zusammenhang dieser *h*-Werte mit dem Deformationstypus, der dazugehört.

Mit Absicht wurden die Beispiele so gewählt, daß sie alle Typen enthielten, von hochkataklastischen bis zu rein krystalloblastischen, die derzeit keine Spur von mechanischer Krystalldeformation zeigen. Man sieht, daß bei beiden Gefügeregelung möglich ist; im allgemeinen bestätigt sich ja die von Trener und Sander ausgesprochene Regel, daß die intensiven Gefügeregelungen bei Kaltdeformation der Krystalle auftreten.

Doch glaubt der Verfasser gerade bei dem besten Beispiel, dem des Quarzits vom Tristenkar nicht, daß die Entsiehung des Quarzgefügebildes mit der erkennbaren Deformation des Quarzes zu erklären sei, da diese ihm zu gering erscheint. Der Behauptung Sander's, daß eine Gefügeregelung bei deutlicher Krystalloblastese eine Abbildung aus vorangegangener Periode der Krystalldeformation sei, will der Verfasser Berechtigung nicht absprechen, doch möchte er auch die Möglichkeit einer primären Gefügeregelung durch Krystalloblastese im Auge behalten. Interessant wären in dieser Beziehung Studien an krystallinen Schiefern, die durch die Bewahrung von Sedimenttexturen mechanische Deformationen ausschließen, wie dies z. B. für die von Sander beschriebenen Beispiele aus Finnland zutrifft.

Die Ableitung der theoretischen Diagramme ergibt symmetrische Figuren unter der Voraussetzung, daß die Verteilung der Orientierungen vor der Regelung ungeregelt war oder daß das neue Optimum symmetrisch zur alten Regelung liegt. Dies gibt eine Erklärung für das asymmetrische Verhalten von Diagrammen. Ein solcher Fall ist schon bei Schliff

Urtiola, Fig. 3 besprochen, wo vielleicht einzelne große Individuen das Ausgangsmaterial darstellten.

Bei einigen Diagrammen vom Kalkphyllit Val Canaria, Fig. 5—7 scheint eine vorhergegangene anders orientierte Gefügeregelung Schuld an der Asymmetrie zu sein. Besonders auffällig ist diese beim Calcitdiagramm, bei dem der größte Wert ganz auf der einen Seite des Maximums liegt. Es scheint, daß vor der letzten Gefügeregelung ein sehr enges Maximum bestanden habe, daß das neue Optimum fast ganz außerhalb desselben lag, so daß sich alle Orientierungen von derselben Seite dem Optimum nähern mußten.

Außer diesen Formeigenschaften der Diagramme ist aber auch die Orientierung derselben zur übrigen Textur des Schiefers von Bedeutung.

Für die Quarze kann ja im wesentlichen ausgesagt werden, daß die von Trener und Sander ausgesprochene Regel meist zutrifft, daß die Hauptachsen normal auf die Schieferung stehen oder nach unserer Ausdrucksweise, daß α' in der Schieferung liegt. Doch gibt es unter den Beispielen auch krasse Ausnahmen. Der Verfasser möchte hier nicht so sehr auf den Schliff von Jon dad Ontsch hinweisen, weil er nicht weiß, ob die durch die Linsenform der Quarze bedingte Schieferung analog mit einer Glimmerschieferung ist, sondern besonders auf das Bild von Val Canaria. Jedenfalls aber stört eine solche asymmetrische Lage des Diagrammes den allgemeinen Bautypus eines krystallinen Schiefers.

Bei einem Schnitt krystalliner Schiefer gilt im allgemeinen, daß sein Texturbild nach zwei Richtungen, der der Schieferung und der normalen darauf bilateral symmetrisch ist; das heißt: Tritt im Schnitt eine Orientierung auf, so hat die symmetrisch dazu gelegene Richtung dieselbe Wahrscheinlichkeit des Auftretens.

Doch zeigen eine Reihe von Erscheinungen, daß diese Symmetrie nur eine äußerliche ist und das Auftreten schrägliegender Optima vermehrt die Zahl dieser Erscheinungen.

Da der Gefertigte die Absicht hat, gerade diese Symmetrieeigenschaften der krystallinen Schiefer zusammenfassend zu behandeln, sei über diesen Punkt nur kurz gesprochen.

In der Arbeit Mechanische Probleme der Gebirgsbildung, Mitt. d. Geol. Ges., Wien 1915, p. 63 hat der Verfasser die These aufgestellt, daß Schieferungsflächen die Abbildung von Gleitflächen darstellen, im Gegensatz zur Anschauung, daß sie Abbildungen von Hauptspannungen seien. Diese zwei Vorgänge unterscheiden sich unter anderem auch durch die Symmetrie. Hauptspannungen sind räumlich nach drei aufeinander senkrecht stehenden Ebenen symmetrisch, ihr Produkt muß unbedingt dieselbe Symmetrie aufweisen. Dagegen weist ein Gleitvorgang nur eine zweizählige Drehachse in der Gleitfläche normal zur Gleitrichtung auf, auch ihr Produkt muß nur dieses Symmetrieelement zeigen. Dagegen kann auch in diesem Falle sekundär höhere Symmetrie eintreten, wenn Mineralien wie Glimmer sich mit einer Symmetrieebene in die Gleitfläche einstellen. Doch wird diese Symmetrie sich dann nur auf einige wenn auch auffällige Minerialien erstrecken, die Asymmetrie wird eine versteckte.

So weist also ein schrägliegendes Optimum wie gerade beim Falle Val Canaria aber auch Jon dad Ontsch darauf hin, daß das Gestein Gleitdeformationen ausgesetzt war, im ersteren Falle wird dies durch die gleichsinnige Verdrehung aller Diagramme noch bestärkt. Es muß aber ausgesprochen werden, daß der Zusammenhang zwischen Orientierung des Optimums und einer Gleitdeformation nicht umkehrbar ist in dem Sinne, daß bei jeder Gleitdeformation eine Schräglage des Optimums zu erwarten wäre. So zeigt der Schliff Oxnerkarschneid durch verlagertes *si* in den Granaten deutlich an, daß in ihm asymmetrische Gleitdeformation geherrscht hat, während das Optimum ausgezeichnet in der Schieferung liegt. Allerdings ist hier die Annahme zulässig, daß die Verdrehung und die Ausbildung der Gefügeregelung verschiedenen Phasen angehört.

Eine andere Möglichkeit der Ausbildung einer asymmetrischen Textur ist aber auch durch Überlagerung mehrerer an sich symmetrischer Schieferungen möglich. Diesem Falle dürfte das Beispiel der Querbiotite vom Gotthard angehören.

Wie einige Beispiele zeigen, kann die Methode nutzbringend auch für andere Mineralien angewandt werden, im allgemeinen für solche, bei denen einer im Schliffe sichtbaren

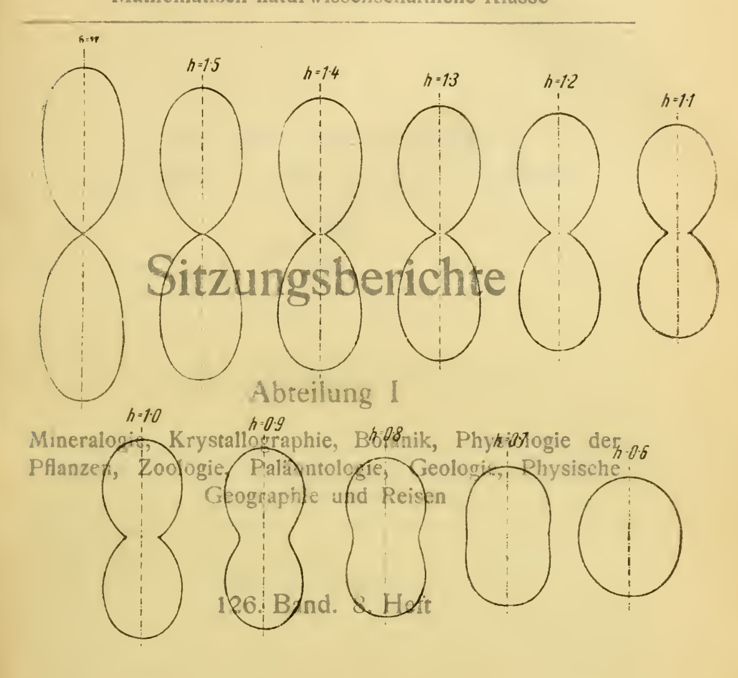
Richtung eine krystallographische eindeutig zugewiesen ist. Solche sind bei optisch einachsigen Krystallen die Auslöschungsrichtungen. Bei zweiachsigen Mineralien ist dieser Weg nicht betretbar. Wohl aber kann man bei solchen gut mit einscharig auftretenden Spaltflächen wie bei Glimmern arbeiten.

Der bisher dargestellte Vorgang hat einen großen Nachteil, daß er die Probleme nur in einer Ebene, der Schliffebene, behandelt, während die Quarzorientierung doch im wesentlichen eine räumliche Erscheinung ist. Man kann ja die Lage des Optimums im Raume aus den Lagen in zwei zueinander schrägstehenden Schliffen bestimmen. Die Verteilung der Häufigkeit um diese Optima herum läßt sich auf diesem Wege nicht behandeln. Auch hat der Verfasser bei derartigen Gelegenheiten manchmal sehr widersprechende Erscheinungen erkannt. Es müssen eben dann beide Schliffe aus einem Gebiete gleicher Orientierung stammen, wovon er für die darnach behandelten Schliffe (Grubenmannsammlung) nicht überzeugt war.

Der Verfasser hat versucht, die räumliche Orientierung der optischen Achsen der Quarze durch Vermessung der Achsenbilder zu bestimmen, doch scheiterte der Versuch an dem ungenügenden Gesichtsfelde des ihm zur Verfügung stehenden Objektives. Herr Hofrat Becke gab ihm den Rat, die optische Orientierung im Raume durch aus Auslöschungsrichtung und Höhe der Doppelbrechung zu bestimmen. Der Rat konnte bis jetzt wegen Zeitmangel nicht befolgt werden, doch gedenkt der Verfasser wegen der Wichtigkeit des Problems besonders für die Fragen der Streßerscheinungen ihn im Auge zu behalten.

Faßt man die bisherigen Ergebnisse der Studie zusammen, so hat man wohl noch keine fixen Resultate zu verzeichnen, wohl aber sind eine Reihe von Problemen angeschnitten, deren Auflösung nur von der Menge derartigen Beobachtungsmateriales abhängen dürfte. Auf die Wegsamkeit dieses Gebietes hinzuweisen, soll der Hauptzweck der Studie sein.

Der Verfasser fühlt sich verpflichtet, allen Stellen, die seine Untersuchung, insbesondere durch Überlassung von Schliffmaterial unterstützten, seinen Dank auszusprechen.



h=1·5
h=1·4
h=1·3
h=1·2
h=1·1
h=1·0
h=0·9
h=0·8
h=0·7
h=0·6

Richtung eine krystallographisch eindeutig zugewiesen ist. Solche sind bei optisch einachsigen Krystallen die Auslöschungsrichtungen. Bei zweiachsigen Mineralien ist dieser Weg nicht betretbar. Wohl aber kann man bei solchen gut mit einscharig auftretenden Spaltflächen wie bei Glimmern arbeiten.

Der bisher dargestellte Vorgang hat einen großen Nachteil, daß er die Probleme nur in einer Ebene, der Schliffebene, behandelt, während die Quarzorientierung doch im wesentlichen eine räumliche Erscheinung ist. Man kann die Lage des Optimums im Raume aus den Lagen in zwei zueinander schrägstehenden Schliffen bestimmen. Die Verteilung der Häufigkeit um diese Optima herum läßt sich auf diesem Wege nicht behandeln. Auch hat der Verfasser bei derartigen Gelegenheiten manchmal sehr widersprechende Erscheinungen erkannt. Es müssen eben dann beide Schliffe aus einem Stück gleicher Orientierung stammen, wovon er für die danach behandelten Schliffe (Grubenmannsammlung) nicht überzeugt war.

Der Verfasser hat versucht, die räumliche Orientierung der optischen Achsen der Quarze durch Vermessung der Achsenbilder zu bestimmen, doch scheiterte der Versuch an dem ungenügenden Gesichtsfelde des ihm zur Verfügung stehenden Objektives. Herr Hofrat Becke gab ihm den Rat, die optische Orientierung im Raume durch aus Auslöschungsrichtung und Höhe der Doppelbrechung zu bestimmen. Der Rat konnte bis jetzt wegen Zeitmangel nicht befolgt werden, doch gedenkt der Verfasser wegen der Wichtigkeit des Problems besonders um die Fragen der Streßerscheinungen ihn im Auge zu behalten.

Faßt man die bisherigen Ergebnisse der Studie zusammen, so hat man wohl noch keine fixen Resultate zu verzeichnen, wohl aber sind eine Reihe von Problemen angeschnitten, deren Auflösung nur von der Menge derartigen Beobachtungsmateriales abhängen dürfte. Auf die Wegsamkeit dieses Gebietes hinzuweisen, soll der Hauptzweck der Studie sein.

Der Verfasser fühlt sich verpflichtet, allen Stellen, die seine Untersuchung, insbesondere durch Überlassung von Schliffmaterial unterstützten, seinen Dank auszusprechen.